

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 48

Quatrième édition — Fourth edition

1961

Règles concernant les moteurs de traction électrique

Rules for electric traction motors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60048:1961

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 48

Quatrième édition — Fourth edition

1961

Règles concernant les moteurs de traction électrique

Rules for electric traction motors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Article	
SECTION I. CHAMP D'APPLICATION DES RÈGLES	
1. Objet	8
2. Conditions de service	8
SECTION II. DÉFINITIONS	
3. Régimes internationaux	8
4. Catégories de régimes	8
5. Régime continu international	8
6. Régime unihoraire international	10
7. Tension nominale des moteurs	10
8. Puissance sur l'arbre moteur	10
9. Catégories d'essais	10
SECTION III. ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT	
10. Généralités	12
11. Classification des isolants	12
12. Limites d'échauffement	12
13. Tension durant l'essai d'échauffement	14
14. Conditions d'excitation durant l'essai d'échauffement	14
15. Ventilation durant l'essai d'échauffement	14
16. Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant l'essai d'échauffement	16
17. Méthode de mesure des températures des organes	16
18. Méthode par thermomètre électrique	16
19. Méthode par variation de résistance	16
20. Détermination de l'échauffement par variation de résistance	16
21. Résistance initiale	18
22. Manière d'opérer à la fin d'un essai d'échauffement pour la mesure des températures, la mesure des résistances après l'arrêt du moteur, la détermination des courbes de refroidissement et l'extrapolation de ces courbes	18
SECTION IV. ESSAI DE SURVITESSE	
23. Essai de survitesse	20
24. Résultats de l'essai de survitesse	22
SECTION V. ESSAIS DE DÉMARRAGE	
25. Moteurs à courant continu, à courant ondulé et à courant triphasé	22
26. Moteurs à courant monophasé	22
27. Variation du couple des moteurs monophasés en fonction de la vitesse à intensité constante	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
SECTION I. SCOPE OF RULES	
1. Scope	9
2. Service conditions	9
SECTION II. DEFINITIONS	
3. International ratings	9
4. Classes of ratings	9
5. International continuous rating	9
6. International one-hour rating	11
7. Rated voltage of motors	11
8. Output at motor shaft	11
9. Classification of tests	11
SECTION III. TEMPERATURE-RISE TESTS	
10. General	13
11. Classification of insulating materials	13
12. Limits of temperature rise	13
13. Voltage during temperature test	15
14. Conditions of excitation during the temperature rise test	15
15. Ventilation during temperature test	15
16. Measurement of temperature of the cooling air during the temperature test	17
17. Method of measuring temperatures of parts	17
18. Electrical thermometer method	17
19. Resistance method	17
20. Determination of temperature rise by variation of resistance	17
21. Initial resistance	19
22. Method of measurement of temperatures after a heat-run test, measurement of resistances after stopping the motor, the plotting of cooling curves and the extrapolation of these curves	19
SECTION IV. OVERSPEED TEST	
23. Overspeed test	21
24. Results of overspeed test	23
SECTION V. STARTING TESTS	
25. D.C. motors, pulsating current motors and three-phase a.c. motors	23
26. Single-phase motors	23
27. Variation of the torque of single-phase motors as a function of the speed at constant current	23

SECTION VI. ESSAIS DE COMMUTATION

28. Dispositions générales	24
29. Essais de commutation des moteurs à courant continu, à courant monophasé et à courant ondulé	24
30. Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation	26

SECTION VII. ESSAIS DE RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

31. Essais de rigidité diélectrique	28
---	----

SECTION VIII. RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES

32. Courbes caractéristiques à relever	30
33. Méthodes recommandées pour le relevé des caractéristiques et la détermination du rendement	30
34. Tolérances admises	36

SECTION IX. TENSIONS NOMINALES D'ALIMENTATION DES RÉSEAUX DE TRACTION

35. Définitions	38
36. Valeurs des tensions nominales d'alimentation des réseaux de traction et limites de variation des tensions en ligne	38

SECTION VI. COMMUTATION TESTS

28. General	25
29. Commutation tests of d.c., single-phase and pulsating current motors	25
30. Tests of switching-off and switching-on the supply voltage	27

SECTION VII. DIELECTRIC TESTS

31. Dielectric tests	29
--------------------------------	----

SECTION VIII. DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES

32. Characteristic curves	31
33. Methods recommended for the determination of characteristics and for calculating the efficiency	31
34. Permissible tolerances	37

SECTION IX. SUPPLY VOLTAGES OF TRACTION SYSTEMS

35. Definitions	39
36. Values of nominal supply voltages of traction systems and limits of variation of line voltages	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÈGLES CONCERNANT LES MOTEURS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

(Quatrième édition — 1961)

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La publication 48 de la C.E.I. (document C.M.T.18) qui constituait la première édition officielle des règles établies par le Comité Mixte International du Matériel de Traction Electrique avait été approuvée par le Comité Mixte au cours de sa session de Milan (26 et 27 avril 1933).

D'importantes modifications furent apportées à ces règles au cours des sessions suivantes du Comité Mixte et conduisirent à la publication en 1950 d'une deuxième édition des règles, puis en 1955 d'une troisième édition.

Au cours de sa session de Munich (5 juillet 1956), le Comité Mixte décida d'entreprendre une nouvelle révision de la Publication 48, en vue notamment de rendre les règles applicables aux moteurs à excitation composée et aux moteurs alimentés en courant ondulé.

Diverses modifications et adjonctions furent examinées par le Comité Mixte au cours de ses sessions de Moscou (11 juillet 1957) et de Madrid (8 juillet 1959).

A la suite de cette dernière réunion, un projet de texte pour une nouvelle édition de la Publication 48 fut soumis pour approbation aux Comités nationaux de la C.E.I. ainsi qu'à l'Union Internationale des Chemins de Fer.

Ce projet a reçu l'accord explicite des Comités nationaux de la C.E.I. des pays suivants:

Allemagne	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Danemark	Roumanie
Finlande	Royaume-Uni
France	Suède
Hongrie	Suisse
Italie	Tchécoslovaquie

et de l'Union Internationale des Chemins de Fer.

La présente publication annule et remplace la troisième édition des règles concernant les moteurs de traction électrique et en constitue la quatrième édition officielle.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RULES FOR ELECTRIC TRACTION MOTORS

(Fourth Edition — 1961)

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

I.E.C. Publication 48 (Document C.M.T.18), the first official edition of the Rules drawn up by the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment (CMT), was approved by the CMT at its Milan meeting, on 26th and 27th April 1933.

Important changes were made to these Rules at subsequent meetings of the CMT, leading to the publication in 1950 of a second edition and in 1955 of a third edition of the Rules.

At its meeting in Munich (5th July 1956), the CMT decided to undertake a further revision of Publication 48, particularly so as to make the rules applicable to motors with compound excitation and to pulsating current motors.

A number of changes and additions were considered by the CMT at its meetings in Moscow (11th July 1957) and Madrid (8th July 1959).

Following the Madrid meeting, a draft of a new edition of Publication 48 was submitted for approval to the I.E.C. National Committees and the International Union of Railways.

This draft was explicitly approved by the I.E.C. National Committees of the following countries:

Belgium	Italy
Czechoslovakia	Netherlands
Denmark	Norway
Finland	Romania
France	Sweden
Germany	Switzerland
Hungary	United Kingdom

and by the International Union of Railways.

This publication supersedes the third edition of the Rules for electric traction motors and constitutes their fourth official edition.

SECTION I

CHAMP D'APPLICATION DES RÈGLES

1. Objet

Les règles internationales contenues dans la présente publication s'appliquent aux moteurs de traction proprement dits (tramways, chemins de fer, trolleybus, électrobus) à l'exception des moteurs de locomotive des mines souterraines, et des moteurs des véhicules thermoélectriques.

Note: Les règles, dans la mesure où elles leur sont applicables, sont valables également pour les moteurs des locomotives de mines souterraines après accord entre le constructeur et l'exploitant.

2. Conditions de service

Les règles internationales s'appliquent aux moteurs utilisés dans les conditions suivantes:

a) *Altitude.* En l'absence de toute précision sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle le moteur est appelé à travailler en marche normale, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 mètres. Dans le cas où cette altitude devrait être dépassée, des dispositions spéciales pourront être adoptées, d'accord entre le constructeur et l'exploitant.

b) *Température.* Dans le cas où la température à l'ombre dépasserait 40°C, des dispositions spéciales pourront être adoptées, d'accord entre le constructeur et l'exploitant.

SECTION II

DÉFINITIONS

3. Régimes internationaux

Les régimes constituent des caractéristiques de fonctionnement du moteur précisées en vue de permettre de vérifier au banc d'essai sa bonne construction et de comparer entre eux divers moteurs.

4. Catégories de régimes

Il existe deux catégories de régimes internationaux:

- a) le régime continu international,
- b) le régime unihoraire international.

Le régime continu est celui qui est garanti dans les offres du constructeur.

Le régime unihoraire est donné à titre indicatif par le constructeur et est déterminé d'une façon précise au cours des essais de type. Il est utilisé pour les essais de série.

Les deux régimes sont indiqués sur la plaque signalétique du moteur.

Sauf indication contraire, la puissance continue est la puissance nominale.

5. Régime continu international

Le régime continu international d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai pendant une période illimitée, dans les conditions précisées à la Section III, sans que les limites d'échauffement stipulées à la Section III soient dépassées.

Toutes les autres prescriptions applicables des présentes règles doivent aussi être observées.

SECTION I

SCOPE OF RULES

1. Scope

The international rules contained in this Publication apply to traction motors (tramways, railways, trolleybuses, electrobuses), except for motors for underground mining locomotives and the motors of thermo-electric vehicles.

Note: In so far as they are applicable these rules are also valid for the motors of mining locomotives by agreement between manufacturer and user.

2. Service conditions

The international rules apply to motors used under the following conditions:

a) Altitude. In the absence of any accurate information as to the height above sea level at which the motor will normally be called upon to work, it is assumed that this height will not exceed 1 200 metres (3 900 feet). Whenever this altitude is to be exceeded, special arrangements may be made by agreement between manufacturer and user.

b) Temperature. Whenever the temperature in the shade exceeds 40°C, special arrangements may be made by agreement between manufacturer and user.

SECTION II

DEFINITIONS

3. International ratings

The ratings are operating characteristics of the motor which are specified in order that its satisfactory construction may be confirmed on the test-bed and comparisons made between different motors.

4. Classes of ratings

There are two classes of international ratings:

- a)* the international continuous rating,
- b)* the international one-hour rating.

The continuous rating is the rating guaranteed by the manufacturer in his tender.

The one-hour rating is given for information by the manufacturer and is determined accurately during the type tests. It is used for the routine tests.

The two ratings are stated on the rating plate.

Unless otherwise specified, the continuous rating is the rated output.

5. International continuous rating

The international continuous rating of a traction motor is the load a motor can withstand on the test-bed for an unlimited period under the conditions specified in Section III, without exceeding the limits of temperature rise given in Section III.

All other appropriate requirements in these rules shall also be satisfied.

6. Régime unihoraire international

Le régime unihoraire international d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai, pendant une heure (l'essai étant commencé lorsque le moteur est froid et poursuivi sous les conditions précisées à la Section III) sans que les limites d'échauffement stipulées à la Section III soient dépassées.

Toutes les autres prescriptions applicables des présentes règles doivent aussi être observées.

7. Tension nominale des moteurs

La tension nominale d'un moteur est la tension spécifiée aux bornes de ce moteur.

Pour les moteurs à courant continu alimentés directement par la ligne de contact, la tension nominale du moteur est égale à la tension nominale du réseau de traction.

Pour les moteurs à courant alternatif et pour les moteurs à courant ondulé, la tension nominale du moteur est une valeur spécifiée. En l'absence de spécification, on admettra conventionnellement les valeurs suivantes:

- dans le cas de moteurs à courant alternatif alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur placé sur le véhicule: 90 pour cent de la tension efficace maximale à vide du secondaire du transformateur (y compris, s'il y a lieu, les bobines de transition) lorsque le primaire de celui-ci est alimenté à la tension nominale du réseau de traction.
- dans le cas de moteurs à courant ondulé alimentés par l'intermédiaire d'un équipement transformateur-redresseur monophasé et, s'il y a lieu, d'une inductance de lissage placés sur le véhicule: 75 pour cent de la tension efficace maximale à vide du secondaire du transformateur (y compris, s'il y a lieu, les bobines de transition) lorsque le primaire de celui-ci est alimenté à la tension nominale du réseau de traction.

Pour les moteurs alimentés par une source d'énergie (batterie d'accumulateurs par exemple) située sur le véhicule, la tension nominale du moteur est égale à la tension nominale de cette source d'énergie.

Dans le cas de moteurs travaillant en permanence par n en série, la tension nominale de chacun d'eux est égale au quotient par n de la tension nominale définie ci-dessus.

8. Puissance sur l'arbre moteur

La puissance d'un moteur de traction est la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur exprimée en kilowatts (kW) ¹.

9. Catégories d'essais

Il existe deux catégories d'essais:

- les essais de type,
- les essais de série.

¹) Puissance d'une locomotive, d'une automotrice ou d'une motrice.

Conventionnellement, la puissance d'une locomotive, d'une automotrice ou d'une motrice est définie par la somme des puissances des moteurs mesurées sur l'arbre, en plateforme d'essais.

La puissance nominale d'une locomotive, d'une automotrice ou d'une motrice est la somme des puissances continues de ses moteurs.

Pour chacune des puissances unihoraire et continue d'une locomotive, d'une automotrice ou d'une motrice, il faut indiquer la vitesse correspondante. On mentionnera aussi la vitesse maximale en kilomètres à l'heure.

Exemple: Une locomotive pouvant marcher à une vitesse maximale de 100 km/h et ayant d'une part une puissance nominale de 1 000 kW à 70 km/h et d'autre part une puissance unihoraire de 1 100 kW à 64 km/h sera désignée ainsi qu'il suit:

« 1 100 kW à 64 km/h, 1 000 kW à 70 km/h (maximum 100 km/h) »

Le nombre indiquant la puissance continue est à souligner.

A moins d'indication contraire, les vitesses indiquées pour les puissances unihoraire et continue sont celles correspondant au champ maximal.

6. International one-hour rating

The international one-hour rating of a traction motor is the load a motor can withstand on the test-bed for one hour (the test being started with the motor cold and carried out under the conditions specified in Section III) without exceeding the limits of temperature rise given in Section III.

All other appropriate requirements in these rules shall also be satisfied.

7. Rated voltage of motors

The rated voltage of a motor is the voltage specified at the terminals of this motor.

For d.c. motors, supplied direct from the contact line, the rated voltage of the motor is equal to the rated voltage of the traction system.

For a.c. motors and for pulsating current motors, the rated voltage of the motor shall be specified. In the absence of a specified value the following conventional values are to be assumed:

- In the case of a.c. motors supplied from a transformer located on the vehicle: 90 per cent of the maximum no-load secondary r.m.s. voltage of the transformer (including, where provided, any transition coils) when the corresponding primary is supplied at the nominal voltage of the traction system.
- In the case of pulsating current motors supplied from a single phase transformer-rectifier group, together with any smoothing choke, located on the vehicle: 75 per cent of the maximum no-load secondary r.m.s. voltage of the transformer (including any transition coils) when the corresponding primary is supplied at the nominal voltage of the traction system.

For motors supplied from a source of energy located on the vehicle (e.g. an accumulator battery) the rated voltage of the motor is the nominal voltage of this energy source.

If n motors are permanently connected in series, the rated voltage is equal to the rated voltage, defined above, divided by n .

8. Output at motor shaft

The output of a traction motor is the mechanical output available at the motor shaft expressed in kilowatts (kW) ¹.

9. Classification of tests

There are two classes of tests:

- type tests
- routine tests.

¹) Output of a locomotive or of a motor-coach.

Conventionally, the output of a locomotive or of a motor-coach is defined by the sum of the outputs of the motors measured at the shaft, on the test-bed.

The rated output of a locomotive or of a motor-coach is the sum of the continuous outputs of its motors.

For each of the one-hour and continuous outputs of a locomotive or of a motor-coach, it is necessary to indicate the corresponding speed. The maximum speed in km/h shall also be indicated.

Example: A locomotive having a maximum speed at 100 km/h with a rated output of 1 000 kW at 70 km/h and a one-hour output of 1 100 kW at 64 km/h shall be designated as follows:

“1 100 kW at 64 km/h, 1 000 kW at 70 km/h (maximum 100 km/h).”

The number indicating the continuous output is to be underlined.

Unless otherwise indicated, the speeds given for the one-hour and continuous ratings are those corresponding to the maximum field.

a) Essais de type:

Ce sont ceux qui sont effectués sur les prototypes ou sur quelques unités d'une fabrication nouvelle. Ils comprennent tous les essais sans exception, définis dans les présentes règles et peuvent comporter en plus, après accord entre le constructeur et l'exploitant, des essais spéciaux, dits *essais d'investigation*, qui ont pour but de donner des renseignements sur les modalités d'utilisation du moteur et, en particulier, de déterminer les surcharges en intensité admissibles temporairement, compte tenu de leur nombre et de leurs intervalles.

b) Essais de série:

Ce sont ceux qui sont effectués, en principe, sur toutes les machines d'une même fourniture. Ils ne comprennent qu'une partie des essais définis dans les présentes règles.

La discrimination entre ces catégories d'essais est faite dans le courant du texte.

Note: Pour les moteurs destinés à équiper des véhicules à courant monophasé à redresseurs, certains essais de type (essais d'échauffement, essais de commutation, relevés des caractéristiques) doivent être effectués en courant ondulé.

L'équipement utilisé pour ces essais (transformateur, redresseur, inductance de lissage...,) doit avoir des caractéristiques, et en particulier des réactances, aussi voisines que possible de celles de l'équipement prévu pour les véhicules, ces caractéristiques étant, s'il y a lieu, ramenées à un seul moteur.

Les essais de série de ces moteurs pourront être effectués en courant continu, à condition de déterminer sur un moteur type la correspondance entre les échauffements et entre les caractéristiques de vitesse, d'une part en courant continu et, d'autre part, en courant ondulé.

SECTION III

ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT

10. Généralités

Les essais d'échauffement comportent des essais de type et des essais de série.

Les moteurs types sont essayés au régime continu et au régime unihoraire.

Les moteurs de série ne sont, en principe, essayés qu'au régime unihoraire à la valeur de courant déterminée au cours de l'essai du régime unihoraire des moteurs types.

11. Classification des isolants

Les différentes classes d'isolants actuellement employées dans la construction des machines faisant l'objet des présentes règles sont énumérées dans la première colonne du tableau I de l'article 12 ci-après. Elles sont définies, notamment en ce qui concerne leur composition, dans la Publication 85 de la C.E.I.: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

12. Limites d'échauffement

Le tableau I donne les limites d'échauffement admissibles au banc d'essai par rapport à la température de l'air de refroidissement pour les divers organes des moteurs isolés avec les matières des différentes classes actuellement utilisées.

a) Type tests:

These are tests carried out on prototypes or on a few units of a new design. They include all the tests, without exception, defined in these rules and they include, after agreement between the manufacturer and the user, special tests termed *exploratory tests*, the object of which is to provide information on the method of using the motor and, especially, to determine the current overloads temporarily permissible, having regard to their number and the intervals between them.

b) Routine tests:

These are tests made, in principle, on all machines of the same batch. They only include a part of the tests defined in these rules.

The differentiation between these classes of tests is made in the text of the rules.

Note: For motors intended for use on single-phase rectifier vehicles, certain type tests (temperature rise, commutation and characteristic curve tests) shall be made with pulsating current.

The equipment used for these tests shall have characteristics, and particularly reactances, as closely similar as possible to those of the equipment provided for the vehicles; these characteristics being related, if necessary, to a single motor.

The routine tests on these motors may be carried out on d.c., provided that the relationship between the temperature rises and the speed characteristics on both d.c. and on pulsating current is determined from a type-tested motor.

SECTION III

TEMPERATURE-RISE TESTS

10. General

Temperature-rise tests shall include both routine tests and type tests.

Type tested motors are tested at their continuous rating and at the one-hour rating.

Routine tested motors are, in principle, tested only at the one-hour rating, corresponding to the value of current established during the course of the type tests.

11. Classification of insulating materials

The different classes of insulating materials at present used in the construction of the machines to which these rules apply, are listed in the first column of Table 1 of Clause 12 below. They are defined, especially as far as their composition is concerned, in I.E.C. Publication 85: Recommendations for the classification of materials for the insulation of electrical machinery and apparatus in relation to their thermal stability in service.

12. Limits of temperature rise

Table I gives the permissible limits of temperature rise at the test-bed, relative to the temperature of the cooling air for the different parts of a motor insulated with materials of the various classes at present used.

TABLEAU I

Isolant	Régime	Organes	Méthode de mesure des températures	Echauffement
Classe A	Continu	Enroulements d'armature et enroulements statoriques Collecteur	Résistance Thermomètre électrique	85°C 100°C
	Unihoraire	Enroulements d'armature et enroulements statoriques Collecteur	Résistance Thermomètre électrique	100°C 105°C
Classe E	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature Enroulements statoriques Collecteur	Résistance Résistance Thermomètre électrique	105°C 115°C 105°C
Classe B	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature Enroulements statoriques Collecteur	Résistance Résistance Thermomètre électrique	120°C 130°C 105°C
Classe F	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature Enroulements statoriques Collecteur	Résistance Résistance Thermomètre électrique	140°C 155°C 105°C
Classe H	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature Enroulements statoriques Collecteur	Résistance Résistance Thermomètre électrique	160°C 180°C 105°C

Note: Il n'est fait aucune correction aux échauffements observés si la température de l'air de refroidissement est, lors de l'essai, comprise entre 10°C et 40°C. En dehors de ces limites, la correction à appliquer aux échauffements observés sera déterminée d'accord entre le constructeur et l'exploitant et compte tenu des caractéristiques particulières du matériel à essayer.

13. Tension durant l'essai d'échauffement

La tension appliquée au moteur pendant la durée de l'essai d'échauffement doit être, aussi bien pour les essais au régime unihoraire que pour les essais au régime continu, la tension nominale du moteur telle qu'elle est définie à l'article 7.

Toutefois, dans le cas des moteurs complètement hermétiques pour lesquels le régime continu ne pourrait pas être réalisé sous cette tension — notamment en raison de la vitesse qui en résulterait — on emploiera une tension convenablement réduite après accord entre le constructeur et l'exploitant.

14. Conditions d'excitation durant l'essai d'échauffement

La spécification des moteurs à excitation série réglable ou à excitation indépendante ou composée doit préciser, pour l'inducteur série et pour les inducteurs séparés éventuels, les conditions d'excitation dans lesquelles les essais doivent être effectués.

15. Ventilation durant l'essai d'échauffement

L'essai d'échauffement doit être effectué avec le moteur disposé pour le service normal en laissant en place tous ceux des organes du moteur qui peuvent influencer l'échauffement du moteur, mais sans ventilation correspondant à celle produite par le mouvement du véhicule.

Dans le cas de refroidissement par ventilation forcée, la pression statique et le débit d'air sont mesurés à l'entrée dans le moteur. Toutefois, afin de n'effectuer que des mesures de pression statique sur les moteurs de série, un tableau de correspondance entre les pressions et les débits sera établi au cours des essais des moteurs types.

TABLE 1

Insulation	Rating	Components	Method of measurement of temperature	Temperature rise
Class A	Continuous	Armature windings and stator windings Commutator	Resistance Electrical thermometer	85°C 100°C
	One-hour	Armature windings and stator windings Commutator	Resistance Electrical thermometer	100°C 105°C
Class E	Continuous and one-hour	Armature windings Stator windings Commutator	Resistance Resistance Electrical thermometer	105°C 115°C 105°C
Class B	Continuous and one-hour	Armature windings Stator windings Commutator	Resistance Resistance Electrical thermometer	120°C 130°C 105°C
Class F	Continuous and one-hour	Armature windings Stator windings Commutator	Resistance Resistance Electrical thermometer	140°C 155°C 105°C
Class H	Continuous and one-hour	Armature windings Stator windings Commutator	Resistance Resistance Electrical thermometer	160°C 180°C 105°C

Note: No correction is made to the measured temperature rise if the cooling air temperature is between 10°C and 40°C during the test. Outside these limits, the correction to be made to the measured temperature rises shall be agreed between manufacturer and user, having due regard to the characteristics of the equipment under test.

13. Voltage during temperature test

The voltage applied to the motor during the temperature test shall be the rated voltage of the motor as defined in Clause 7, both for the one-hour and for the continuous rating tests.

For totally-enclosed motors, however, if the continuous rating cannot be obtained at this voltage—in particular because of the resulting speed—a suitably reduced voltage shall be used after agreement between manufacturer and user.

14. Conditions of excitation during the temperature-rise test

The specification of motors with adjustable series excitation, or with separate or compound excitation, must state, for the series winding and for any separate windings, the excitation conditions in which the tests must be made.

15. Ventilation during temperature test

The test shall be carried out with the motor arranged as in service, with all those parts of the motor in place which would affect the temperature rise of the motor, but without any ventilation corresponding to the ventilation produced by the motion of the vehicle itself.

In the case of forced ventilation, the static pressure and air volume shall be measured at the inlet to the motor. However, in order to avoid making any other than static measurements on routine tests, a table of corresponding values of pressure and volume shall be compiled in the course of the tests on type machines.

16. Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant l'essai d'échauffement

La température de l'air de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres disposés en différents points autour du moteur, à une distance de 1 à 2 mètres et protégés contre tout rayonnement ainsi que contre les courants d'air.

Dans le cas de refroidissement par ventilation forcée, la température de l'air arrivant au moteur, mesurée à son entrée, est considérée comme température de l'air de refroidissement durant l'essai.

La valeur à adopter pour la température de l'air de refroidissement durant un essai doit être la moyenne des lectures relevées sur des thermomètres placés comme mentionné ci-dessus, à des intervalles égaux de temps durant le dernier quart de la durée de l'essai.

Afin d'éviter toute erreur provenant du délai nécessaire pour que les variations de température de l'air de refroidissement aient une répercussion sur la température des moteurs de grandes dimensions, toutes précautions raisonnables doivent être prises pour réduire ces variations ainsi que les erreurs en résultant.

Note: Il est souvent commode d'entreprendre l'essai de puissance continue lorsque le moteur est déjà chaud par suite des essais qui le précèdent. Dans ce cas, la température de l'air de refroidissement durant l'essai est obtenue en prenant la moyenne des températures relevées pendant une période au moins égale à une heure avant la fin de l'essai.

17. Méthode de mesure des températures des organes

Deux méthodes de détermination des températures des organes sont adoptées:

- a) Méthode par thermomètre électrique pour les collecteurs,
- b) Méthode par variation de résistance pour les enroulements.

18. Méthode par thermomètre électrique

Dans cette méthode, la température est déterminée au moyen de thermomètres électriques appliqués immédiatement après l'arrêt sur les parties accessibles du collecteur aux endroits présumés les plus chauds.

Note: Les thermomètres électriques comprennent non seulement les thermocouples, mais aussi les sondes électriques à résistance, tous ces appareils étant essentiellement caractérisés par une réponse beaucoup plus rapide que celle du thermomètre à dilatation de mercure.

19. Méthode par variation de résistance

Dans cette méthode, l'échauffement des enroulements est déterminé par leur augmentation de résistance.

20. Détermination de l'échauffement par variation de résistance

L'échauffement à la fin de l'essai est déterminé par la formule suivante:

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

dans laquelle:

- t_a = la température en °C de l'air de refroidissement durant l'essai,
- t_2 = la température en °C de l'enroulement en fin d'essai,
- t_1 = la température en °C de l'enroulement froid au moment de la mesure de sa résistance initiale,
- R_2 = la résistance en ohms de l'enroulement en fin d'essai,
- R_1 = la résistance initiale en ohms de l'enroulement froid.

16. Measurement of temperature of the cooling air during the temperature test

The cooling air temperature shall be measured by means of several thermometers placed at different points round the motor, at a distance of 1 to 2 metres, and protected from all heat radiation and draughts.

In the case of cooling by means of forced ventilation, the temperature of the air measured where it enters the motor shall be considered as the cooling air temperature during the test.

The value to be adopted for the temperature of the cooling air during a test shall be the mean of the readings of the thermometers placed as mentioned above, taken at equal intervals of time during the last quarter of the duration of the test.

In order to avoid errors due to the time-lag between the temperature of large machines and the variations in temperature of the cooling air, all reasonable precautions shall be taken to reduce these variations and errors arising therefrom.

Note: It is often convenient to commence the continuous rating test while the motor is hot from a previous test. In such a case, the cooling air temperature during the test shall be obtained by taking the average air temperatures recorded during a period not less than one hour before shutting down.

17. Method of measuring temperatures of parts

Two methods of determining temperatures of parts are adopted:

- a) By electrical thermometer for commutators,
- b) By resistance for windings.

18. Electrical thermometer method

In this method, the temperature is determined by means of electrical thermometers applied, immediately after the motor is stopped, on the accessible parts of the commutator at the spots presumed to be hottest.

Note: Electrical thermometers comprise not only thermocouples, but also electrical resistance test probes, these instruments having a much quicker response than that of a mercury-in-glass thermometer.

19. Resistance method

In this method, the temperature rise of the windings is determined by their increased resistance.

20. Determination of temperature rise by variation of resistance

The temperature rise at the end of the test is determined by the following formula:

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

in which:

- t_a = the cooling air temperature in °C during the test,
- t_2 = the temperature in °C of the winding at the end of the test,
- t_1 = the temperature in °C of the winding when cold at the moment of the initial resistance measurement,
- R_2 = the resistance in ohms of the winding at the end of the test,
- R_1 = the initial resistance in ohms of the winding when cold.

21. Résistance initiale

Lors des mesures de la résistance initiale à froid d'un moteur de traction, il est nécessaire de s'assurer au moyen de mesures par thermomètres que la différence de température entre les enroulements et le milieu ambiant moyen ne dépasse pas 4°C.

22. Manière d'opérer à la fin d'un essai d'échauffement pour la mesure des températures, la mesure des résistances après l'arrêt du moteur, la détermination des courbes de refroidissement et l'extrapolation de ces courbes

Toutes les mesures de température des enroulements doivent être effectuées par la méthode de variation de résistance.

S'il s'agit de bobinages statoriques de moteurs à courant continu, il est facile de relever périodiquement la résistance de chaque enroulement durant la marche et d'en déduire la température et l'échauffement correspondants. Les dernières mesures devront être exécutées quelques instants avant la fin de l'essai d'échauffement et au plus tôt 10 secondes avant celle-ci dans le cas d'une surcharge de courte durée.

S'il s'agit au contraire d'induits de moteurs de tous types ou de bobinages statoriques de moteurs à courant monophasé ou à courant ondulé dont la résistance en courant continu ne peut être mesurée pendant la marche, on devra pour chaque enroulement, relever la courbe de refroidissement après arrêt et extrapoler celle-ci dans le but de fixer l'échauffement à l'origine de la période de refroidissement.

Aucune méthode simple d'anamorphose de la courbe de refroidissement ne permet d'obtenir pour la portion initiale de cette courbe une forme rectiligne se prêtant bien à l'extrapolation; aussi, pour rendre cette extrapolation aussi sûre que possible, on devra effectuer la première mesure le plus rapidement possible après l'origine du refroidissement, sans toutefois que la précision des mesures risque d'en être affectée.

a) Arrêt du moteur et instant origine du refroidissement

Toutes dispositions seront prises à la fin de l'essai d'échauffement pour arrêter rapidement l'ensemble du moteur en essai et de la machine qu'il entraîne.

Pour les essais de type, on devra utiliser un mode de freinage ne faisant pas intervenir électriquement le moteur en essai et l'instant « origine du refroidissement » sera alors celui où, juste avant freinage, on coupera brusquement les circuits du moteur et où on arrêtera sa ventilation.

Pour les essais de série, si la méthode de freinage ci-dessus est difficilement praticable, d'autres méthodes caractérisées par le maintien du courant dans le moteur pendant la durée du freinage pourront être utilisées sous réserve qu'elles permettent un arrêt rapide des machines. Dans ce cas, le courant dans le moteur sera maintenu aussi constant que possible pendant la durée du freinage et l'instant origine du refroidissement sera celui où le courant tombera à 20 pour cent en-dessous de la valeur d'essai; la ventilation sera arrêtée à cet instant.

b) Valeur du courant de mesure

Si l'on emploie la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre pour la mesure des résistances à froid et à chaud, le courant utilisé devra avoir une valeur convenable pour obtenir une bonne précision de mesure, tout en restant suffisamment faible pour ne pas provoquer le démarrage de l'induit sous l'effet de l'induction rémanente.

c) Amenée du courant à un induit et prélèvement de la tension

Lors de la mesure de la résistance d'un induit par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre, le courant sera amené par l'intermédiaire des balais restés tous en place sur le collecteur et la tension sera prélevée entre deux lames placées à peu près symétriquement par rapport au milieu de l'intervalle compris entre deux lignes de balais consécutives et séparées l'une de l'autre par un nombre de lames déterminé et compris entre la moitié et les deux tiers du nombre de lames par pôle.

21. Initial resistance

During the measuring of the initial cold resistance of a traction motor, it is necessary to ascertain by thermometer measurement that the temperature difference between the windings and the ambient air is not higher than 4°C.

22. Method of measurement of temperatures after a heat-run test, measurement of resistances after stopping the motor, the plotting of cooling curves and the extrapolation of these curves

All measurements of winding temperature shall be made by the resistance method.

In the case of the stator windings of d.c. motors, it is simple to measure periodically the resistance of each winding while the motor is running and to deduce therefrom the temperature and the corresponding temperature rise. The last measurements must be made just before the end of the heat-run test and not more than 10 seconds before the end of this test in the case of a short duration overload.

In the case of the armature windings of all types of motors or the stator windings of single-phase a.c. or pulsating current motors, the d.c. resistance of which cannot be measured during operation, the cooling curve for each winding shall be plotted after stopping and it shall be extrapolated to fix the temperature rise at the origin of the cooling period.

No simple method of transformation of the cooling curve makes it possible to obtain a straight initial part of the curve suitable for extrapolation, thus, in order to make this extrapolation as accurate as possible, the first measurement must be made as rapidly as possible after the commencement of cooling, provided that the accuracy of measurement is not affected thereby.

a) Stopping of the motor and time of commencement of cooling

Arrangements shall be made to stop the motor under test and the driven machine as quickly as possible at the end of the heat-run test.

For type tests, a method of braking not requiring current to flow through the motor under test shall be used, and the "time of commencement of cooling" shall be the instant when, just before braking, the motor circuits are suddenly opened and ventilation is cut off.

For routine tests, if it is not convenient to use the braking method specified above, other methods involving maintenance of the current through the motor during braking may be used, provided these result in rapid stopping of the machines. In these cases, the motor current shall be maintained as constant as possible during the braking period and the time of commencement of cooling shall be the instant at which the current falls 20 per cent below the test value; the ventilation shall be cut off at this instant.

b) Value of the measuring current

If the ammeter and voltmeter method is used for the measurement of the cold and hot resistances, the current used shall be of a value such as to obtain a suitable accuracy of the measurement, whilst being low enough not to cause the armature to start turning through the effect of the residual flux density.

c) Supply of current to the armature and measurement of the voltage

When the resistance of an armature is measured by the ammeter and voltmeter method, the current shall be led through the brushes on the commutator and the voltage shall be measured between two bars placed more or less symmetrically with respect to the mid-point of a brush span and separated one from the other by a given number of bars, equal to between half and two-thirds the number per pole.

Si les mesures sont faites au moyen d'un pont double, les points de prélèvement de tension seront appliqués sur les lames spécifiées ci-dessus. Dans le cas d'induits à deux voies d'enroulement, les pointes d'amenée de courant pourront éventuellement être appliquées aux mêmes lames que les pointes de tension; mais, pour les induits multipolaires à enroulement parallèle, les pointes d'amenée du courant devront être appliquées au droit des balais.

Lors des essais de type, on devra prélever la tension entre la même paire de lames à froid et à chaud.

Pour les essais de série, la mesure sur lames repérées n'est pas obligatoire, mais il est recommandé de s'assurer, au préalable, que les écarts relatifs entre les résistances mesurées à froid entre diverses paires de lames également espacées, réparties sur le collecteur, restent négligeables.

d) Instant de la première mesure, cadence des mesures successives et extrapolation de la courbe de refroidissement

Pour les essais de type sur chaque bobinage dont la résistance ne peut être mesurée durant la marche, on effectuera une série de mesures de résistances commençant au plus tard 45 secondes après l'instant « origine du refroidissement » et poursuivies durant 5 minutes au moins.

Les intervalles entre mesures successives n'excéderont pas 20 secondes durant les 3 premières minutes et 30 secondes ensuite.

Les valeurs relevées seront reportées sur un graphique en fonction du temps écoulé depuis l'origine du refroidissement.

On tracera la courbe reliant les points relevés et on l'extrapolera jusqu'à l'instant « origine du refroidissement ».

On prendra comme échauffement en fin d'essai la valeur déduite de cette extrapolation.

Il est recommandé d'utiliser du papier semi-logarithmique avec un échelon logarithmique assez grand pour le tracé des courbes de refroidissement.

Pour les essais de série, on procédera comme suit:

Sur les 10 premiers moteurs d'une série, on relèvera, à la fin de l'essai unihoraire et comme indiqué pour les essais de type, les courbes de refroidissement de tous les enroulements dont la résistance ne peut être mesurée durant la marche.

Pour chacun de ces enroulements, on adoptera comme courbe type de refroidissement la moyenne des 10 courbes relevées.

A la fin des essais d'échauffement unihoraire de série des moteurs suivants on se contentera de relever quelques valeurs de résistance. Après avoir éliminé les points visiblement anormaux, le premier point relevé sur chaque enroulement sera reporté sur la courbe type. L'échauffement du bobinage sera considéré comme satisfaisant si ce point ne se situe pas à plus de 10°C au-dessus de la courbe type.

SECTION IV

ESSAI DE SURVITESSE

23. Essai de survitesse

Cet essai est un essai de série.

Le moteur doit pouvoir supporter pendant 2 minutes à chaud, après l'essai d'échauffement, une vitesse de rotation égale à 1,25 fois (taux de survitesse) la vitesse de rotation correspondant à la vitesse maximale spécifiée pour le véhicule en service normal, celui-ci étant supposé muni de roues « mi-usées ».

Toutefois, pour les moteurs qui entraînent des essieux indépendants et sont appelés à fonctionner normalement par deux en série, le taux de survitesse précédent sera porté à 1,35.

If measurements are made by a bridge method, the voltage probes shall be applied to the bars specified above. In the case of two-circuit armature windings, the current probes may be applied to the same bars as the voltage probes, but for multiple-circuit windings the current probes must be applied at the brush positions.

During type tests, the measurements shall be made on the same pair of bars when hot and when cold.

In the case of routine tests, measurement on marked bars is not obligatory but it is recommended that it be proved, before the tests commence, that differences between the cold resistances between different pairs of equally spaced bars distributed over the commutator are negligible.

d) Time of the first measurement, frequency of successive measurements and extrapolation of the cooling curve

For type tests, on each winding not measurable while the machine is running, a series of measurements of resistance shall commence not later than 45 seconds after the commencement of cooling, and shall be continued for at least 5 minutes.

The time between successive measurements shall not exceed 20 seconds during the first 3 minutes and 30 seconds thereafter.

The readings shall be plotted on a graph as a function of time since the commencement of cooling.

A curve shall be drawn through the points on the graph and extrapolated to the time of commencement of cooling.

The temperature rise at the end of the test shall be the value deduced from this extrapolation.

It is recommended that semi-logarithmic paper with a sufficiently large logarithmic scale be used for plotting cooling curves.

For routine tests the procedure shall be as follows:

On the first 10 motors of a series, cooling curves shall be taken at the conclusion of the one-hour test, on any windings not measurable during the test, by the method specified for type tests. For each winding on which cooling curves are taken, the average of the 10 curves shall be the declared cooling curve for the winding.

On subsequent routine tests a few resistance readings shall be taken at the conclusion of the one-hour temperature test and, after eliminating any obviously faulty readings, the first reading on each winding shall be compared with the corresponding declared cooling curve. Provided the temperature rise indicated does not exceed by more than 10°C the appropriate point on the declared curve, the temperature rise of the winding shall be regarded as satisfactory.

SECTION IV

OVERSPEED TEST

23. Overspeed test

This is a routine test.

The motor shall be capable of withstanding for two minutes when hot, after the temperature-rise test, a rotational speed equal to 1.25 times (overspeed factor) the maximum speed of the motor, corresponding to the maximum speed specified for the vehicle in normal service, with the wheels in the "half-worn" state.

However, when two motors connected permanently in series drive independent axles, the preceding overspeed factor shall be increased to 1.35.

Si le nombre de moteurs appelés à fonctionner normalement en série sans couplage mécanique est supérieur à deux, le taux de survitesse à appliquer doit être supérieur à 1,35 et doit faire l'objet d'un accord préalable entre le constructeur et l'exploitant.

Pour les moteurs couplés mécaniquement entre eux et pour les moteurs munis de dispositifs automatiques pour empêcher l'emballement, ou pour interdire une certaine différence de vitesse entre deux moteurs, le taux de survitesse sera pris égal à 1,2.

24. Résultats de l'essai de survitesse

Après les essais de survitesse, les moteurs ne doivent présenter aucune déformation permanente et doivent résister avec succès aux essais de rigidité diélectrique spécifiés à l'article 31 et à l'un des essais de commutation spécifiés à la section VI, article 29.

SECTION V

ESSAIS DE DÉMARRAGE

25. Moteurs à courant continu, à courant ondulé et à courant triphasé

Cet essai est un essai de type.

Le moteur, immobilisé, sera soumis pendant 30 secondes à une intensité au moins égale à 1,7 fois l'intensité correspondant au régime continu et, en plus, à la tension nominale d'alimentation, si le moteur est triphasé.

L'essai doit être effectué quatre fois, avec repos de 5 minutes, et en décalant chaque fois le rotor du quart du pas polaire dans le même sens.

Après les essais, les collecteurs des moteurs ne doivent présenter aucune trace de brûlure.

26. Moteurs à courant monophasé

Cet essai est un essai de type.

Le moteur tournant à vitesse réduite (au maximum 3 pour cent de la vitesse de rotation maximale du moteur) sera soumis à chaud, pendant une minute, à une intensité égale à 1,7 fois celle correspondant au régime unihoraire.

Cet essai est à répéter en inversant le sens de marche.

Ces essais ne doivent laisser au collecteur que des traces de brûlures pouvant disparaître après un service de quelques heures.

27. Variation du couple des moteurs monophasés en fonction de la vitesse à intensité constante

Cet essai est un essai de type.

Il a pour but de relever sur un moteur monophasé prélevé sur la fourniture, une courbe donnant les variations de son couple en fonction de sa vitesse pour un réglage particulier des pôles auxiliaires.

En principe, il doit être effectué dans les deux sens de rotation (après une marche préalable suffisante pour obtenir une patine convenable du collecteur et un bon rodage des balais) pour une valeur constante de l'intensité égale à la plus faible des deux valeurs suivantes:

- soit 1,7 fois l'intensité unihoraire,
- soit l'intensité correspondant à une adhérence de 30 pour cent pour une vitesse égale à 3 pour cent de la vitesse maximale du moteur en service.

If the number of motors permanently connected in series without mechanical coupling is greater than two, the overspeed factor to be applied shall be greater than 1.35 and shall form the subject of previous agreement between the manufacturer and the user.

For mechanically coupled motors and for motors provided with automatic devices to prevent excessive speed, or to prevent variation in speed between one motor and another, the overspeed factor shall be reduced to 1.2.

24. Results of overspeed test

After the overspeed test, the motor shall show no permanent deformation and shall withstand successfully the dielectric tests as specified in Clause 31 and one of the commutation tests specified in Section VI, Clause 29.

SECTION V

STARTING TESTS

25. D.C. motors, pulsating current motors and three-phase a.c. motors

This is a type test.

The motor, while stationary, shall be subjected for 30 seconds to a current at least 1.7 times the current at the continuous rating and, in the case of a three-phase motor, at the nominal supply voltage.

The test shall be carried out four times with a five-minute interval between each test, the rotor being turned round each time $1/4$ pole pitch in the same direction.

After the tests, the commutators shall not show any signs of burning.

26. Single-phase motors

This is a type test.

The motor revolving at reduced speed (at the maximum, 3 per cent of the maximum rotational speed of the motor), and when hot, shall be subjected for one minute to a current at least 1.7 times the current at the one-hour rating.

This test shall be repeated after reversing the direction of rotation of the motor.

These tests shall only leave such traces of burning on the commutators as will disappear after a few hours running.

27. Variation of the torque of single-phase motors as a function of the speed at constant current

This is a type test.

The object of this test is to obtain a curve for a single-phase motor selected from the order, which shows the variations of its torque as a function of its speed for a given setting of the auxiliary poles.

In principle, the test shall be made in both directions of rotation after a sufficient period of running to obtain a suitable surface on the commutator and good bedding of the brushes, for a constant value of the current equal to the least of the two following values:

- either 1.7 times the current corresponding to the one-hour rating,
- or the current corresponding to 30 per cent adhesion for a speed equal to 3 per cent of the maximum speed of the motor in service.

Les mesures sont effectuées à partir d'une vitesse égale à 3 pour cent de la vitesse maximale du moteur en service jusqu'à la vitesse atteinte sous la tension nominale avec l'intensité considérée.

Si le moteur doit fonctionner en service avec différents réglages des pôles auxiliaires, les mesures sont faites avec le réglage qui conduit à la compensation de la force électromotrice de transformation (également appelée tension statique) avec la vitesse la plus faible.

Sur toute l'étendue de la courbe, et notamment à la vitesse la plus basse, la valeur du couple ne devra pas être inférieure à 0,85 fois le couple mesuré à la vitesse atteinte sous la tension nominale.

La mesure du couple aux diverses vitesses sera effectuée soit par une méthode dynamométrique, soit à l'aide d'une génératrice de charge parfaitement tarée, soit à l'aide d'un couplemètre approprié.

Il est toutefois précisé que, dans le cas où le moteur doit fonctionner avec enroulements d'excitation shuntés, l'essai doit être effectué avec le moteur shunté et le courant doit être majoré par rapport aux moteurs non shuntés de façon à obtenir le même couple.

Note: Des mesures pourront être éventuellement exécutées dans les mêmes conditions avec d'autres valeurs de l'intensité.

SECTION VI

ESSAIS DE COMMUTATION

28. Dispositions générales

Les essais suivants de commutation seront effectués à chaud, après l'essai d'échauffement au régime unihoraire.

Pour la réalisation de chaque essai, on fera tourner le moteur pendant 30 secondes dans chacun des deux sens de rotation.

Le constructeur aura la faculté de demander qu'entre les deux périodes successives (de 30 secondes de durée chacune) de marche avec sens de rotation inverse, le moteur fonctionne pendant cinq minutes consécutives à une intensité de courant inférieure ou au plus égale à l'intensité correspondant au régime unihoraire et à la tension nominale, dans le sens de rotation adopté pour la seconde période de 30 secondes, et cela dans le but d'assurer un meilleur portage des balais. Dans l'intervalle compris entre les deux périodes de marche en sens inverse, les balais ne devront pas être déplacés.

Les moteurs à excitation indépendante ou composée seront essayés avec des appareils de commande et des dispositifs d'excitation ayant les mêmes caractéristiques que ceux qui seront utilisés en service normal.

Chacun de ces essais devra être supporté par le moteur sans détérioration mécanique, ni amorçage, ni dommages permanents, les dommages permanents étant ceux susceptibles de nuire au bon fonctionnement du moteur postérieurement à l'achèvement de l'essai.

29. Essais de commutation des moteurs à courant continu, à courant monophasé et à courant ondulé

Ces essais comportent des essais de type et des essais de série.

a) Essais de type

Les essais de commutation doivent être effectués pour diverses valeurs de courant et d'excitation couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en traction, la tension à appliquer aux bornes des moteurs étant celle qui correspond à la tension maximale figurant dans le tableau II de la section IX des présentes règles, c'est-à-dire :

The measurements shall be made starting at a speed equal to 3 per cent of the maximum service speed of the motor up to the speed reached at the rated voltage with the value of current selected.

If the motor must work in service with different settings of the auxiliary poles, the measurements shall be made at the setting which leads to the compensation of the transformer e.m.f. (also called the static voltage) with the lowest speed.

Over the whole of the curve, and especially at the lowest speed, the value of the torque shall not be less than 0.85 times the torque measured at the speed reached at the rated voltage.

The measurement of the torque at the different speeds shall be made by means of a dynamometric method, by a perfectly calibrated load generator, or by an appropriate torque meter.

When the motor must work with shunted excitation windings, the test shall be made with the motor shunted and the current must be increased as compared with non-shunted motors, so as to obtain the same torque.

Note: The measurements may be made under the same conditions with other current values.

SECTION VI

COMMUTATION TESTS

28. General

The following commutation tests shall be carried out on the motor when hot after the temperature test at the one-hour rating.

In order to carry out each test, the motor shall be rotated successively in each direction for a period of 30 seconds.

The manufacturer shall have the right to demand that, between the two successive tests (each of 30 seconds duration) with opposite direction of rotation, the motor shall be run for five consecutive minutes with a current less than, or at the most equal to, the current corresponding to the one-hour rating, and at the rated voltage, in the direction of rotation adopted for the second period of 30 seconds, with the object of obtaining a better surface contact between the brushes and the commutator. In the interval between the running in each direction of rotation, the brushes shall not be shifted.

Motors with separate or compound excitation will be tested with controlgear and excitation arrangements having the same characteristics as those with which they will be provided in normal service.

The motor shall withstand each one of these tests without mechanical deterioration, flashover or permanent damage, permanent damage being that which would affect the satisfactory running of the motor after the completion of the test.

29. Commutation tests of d.c., single-phase and pulsating current motors

These tests shall include both routine tests and type tests.

a) Type tests

The commutation tests shall be made for several current and excitation values covering the whole field of application of the characteristic curves in traction, the voltage at the terminals of the motor being the maximum voltage which appears in Table II of Section IX of the present Rules, i.e.

pour les moteurs à courant continu:	1,2 U	} U étant la tension nominale des moteurs telle qu'elle est définie à l'article 7.
pour les moteurs à courant monophasé		
et à courant ondulé:	1,1 U	

Pour les moteurs fonctionnant en récupération, les essais de commutation doivent être effectués pour diverses valeurs de courant et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en récupération, la machine fonctionnant en génératrice et à la tension maximale visée dans l'alinéa précédent.

Pour les moteurs fonctionnant en freinage rhéostatique, les essais de commutation doivent être effectués pour diverses valeurs de courant, d'excitation et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en freinage rhéostatique.

Pour les moteurs appelés à fonctionner normalement en série et ne comportant ni couplage mécanique, ni dispositifs automatiques pour empêcher l'emballement ou pour interdire une certaine différence de vitesse entre les moteurs, il doit être effectué de plus un essai de commutation à champ maximal sous 1,5 fois la tension nominale, telle qu'elle est définie à l'article 7, avec un courant réglé de façon que le moteur tourne à sa vitesse maximale de service.

Note: On entend par « domaine d'application des courbes caractéristiques » aussi bien pour les moteurs à courant continu que pour les moteurs à courant monophasé et à courant ondulé, toute l'étendue, utilisable en service, des diverses courbes de fonctionnement aux divers crans de marche économique du véhicule en traction et en freinage. En conséquence, une mention précise de la vitesse maximale en service et du courant maximal à ne dépasser en aucun cas au cours des essais sera indiquée sur les graphiques tracés pour la tension correspondant à la tension nominale figurant dans le tableau II de la section IX. Ces divers graphiques seront fournis par le constructeur au moment de la commande.

b) Essais de série

Chaque moteur sera essayé à champ minimal et à une tension correspondant à la tension maximale précisée ci-dessus:

1. à la vitesse maximale en service indiquée sur la courbe caractéristique;
2. à l'intensité correspondant au régime continu;
3. à la valeur maximale de l'intensité indiquée sur la courbe caractéristique.

30. Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation

Ces essais sont des essais de type.

Ils s'appliquent aux moteurs à excitation série ou composée alimentés par la ligne de contact, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un transformateur ou d'un équipement transformateur-redresseur.

Ils seront effectués au moyen d'un interrupteur manuel ou à commande automatique permettant de couper la tension d'alimentation sur le moteur absorbant un courant égal au courant unihoraire et de rétablir cette tension après un temps de coupure compris entre 0,5 et 1 seconde.

La vitesse de rotation du moteur sera maintenue aussi constante que possible, par exemple en l'accouplant mécaniquement à une génératrice à courant continu de dimensions convenables.

L'essai sera répété, à quelques minutes d'intervalle, 3 fois à champ maximal et 3 fois à champ minimal si la réduction de champ est réalisée par une seule méthode (shuntage des inducteurs, changement de prise ou, dans le cas d'excitation séparée, réglage du courant). Lorsque, au contraire, la réduction de champ est obtenue sur certains crans par une méthode et sur d'autres crans par une autre méthode, l'essai sera exécuté 3 fois à champ maximal et 3 fois à chacun des crans de champ réduit.

for d.c. motors: $1.2 U$ } U being the rated voltage of motors
for single-phase a.c. and pulsating current motors: $1.1 U$ } as defined in Clause 7.

For a motor used for regenerative braking, the commutation tests shall be made for several values of speed and current covering the whole field of application of the characteristic curves when regenerating, the machine working as a generator at the maximum voltage shown in the previous paragraph.

For motors used for rheostatic braking, the commutation tests shall be made for several values of current, excitation and speed, covering the whole field of application of the characteristic curves when braking rheostatically.

For motors permanently connected in series, equipped with no mechanical coupling nor automatic devices to prevent excessive speed or to prevent variation in speed between the motors, a commutation test must also be performed with maximum field, at 1,5 times its rated voltage, as defined in Clause 7, the current being adjusted so that the motor rotates at its maximum service speed.

Note: By "whole field of application of the characteristic curves" is meant, both for d.c. motors and for single-phase a.c. and pulsating current motors, the whole of the various characteristic curves for the various economic-running notches of the vehicle in traction and braking which are usable in service. Consequently, the maximum speed in service and the maximum current not to be exceeded in any case during the tests shall be clearly shown on the curves drawn for the voltage corresponding to the rated voltage in Table II of Section IX. These curves shall be supplied by the manufacturer when the order is placed.

b) Routine tests

Each motor shall be tested with minimum field and at a voltage corresponding to the maximum voltage defined above:

1. at the maximum service speed shown on the characteristic curve;
2. at the current corresponding to continuous rating;
3. at the maximum value of the current shown on the characteristic curve.

30. Tests of switching-off and switching-on the supply voltage

These tests are type tests.

They apply to motors with series and compound characteristics supplied from the contact line, either directly or by means of a transformer or a transformer-rectifier set.

They shall be made by means of a manual or automatic switch which enables the supply voltage to be switched off when the motor is taking a current corresponding to the one-hour rating and which enables this voltage to be re-connected after a total time of between 0.5 and 1 second after switching off.

The speed of rotation of the motor shall be maintained as constant as possible, for example, by mechanical coupling to a d.c. generator of suitable dimensions.

If field weakening is effected by a single method (field diversion, tap changing, or in the case of separate excitation, regulation of current) the test shall be repeated 3 times at maximum field and 3 times at minimum field, at intervals of a few minutes.

If, however, field weakening is obtained on some notches by one method and on other notches by a different method, the test shall be effected 3 times at maximum field and 3 times on each of the weak field notches.

On s'assurera, au besoin par des relevés oscillographiques, qu'au cours de ces essais, la tension d'alimentation aux bornes du moteur :

- est au moins égale à 1,2 fois sa tension nominale au moment où l'interrupteur est refermé,
- n'est pas inférieure à 0,9 fois cette même tension nominale pendant la période transitoire qui suit la fermeture de l'interrupteur.

Le moteur devra pouvoir supporter ces essais dans les mêmes conditions que les essais de commutation proprement dits (article 28, dernier alinéa).

Dans le cas des moteurs à excitation composée dont l'excitation shunt ou séparée est prépondérante par rapport à l'excitation série, des dispositions spéciales pourront être adoptées après accord entre le constructeur et l'exploitant.

Note 1: Pour l'exécution des essais à champ minimal, le moteur sera pourvu des organes de shuntage prévus dans l'équipement.

Note 2: Si le moteur fait partie d'un équipement qui comporte un dispositif automatique assurant, en cas de coupure, une protection complète dans un temps inférieur à 1 seconde, ce temps sera utilisé pour l'essai.

SECTION VII

ESSAIS DE RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

31. Essais de rigidité diélectrique

Cet essai est un essai de série.

La tension d'essai doit être appliquée entre l'enroulement et la carcasse. Elle doit être appliquée seulement à une machine neuve et complète, tous les organes étant en place, dans des conditions équivalentes à celles prévues pour le fonctionnement normal.

L'essai doit être effectué dans les usines du fabricant, à chaud et après l'essai de survitesse.

La tension d'essai doit être alternative et se rapprocher aussi près que possible de la forme sinusoïdale, la fréquence du courant étant comprise entre 25 et 100 Hz.

L'essai doit être commencé à une tension de moins du tiers de la tension d'essai et la tension appliquée doit être augmentée graduellement jusqu'à pleine tension. La pleine tension doit être maintenue pendant une période de 60 secondes à une valeur de $2,25 U + 2\,000\text{ V}$, U étant la tension nominale d'alimentation du réseau de traction.

Toutefois, en ce qui concerne les moteurs à courant alternatif ou à courant ondulé alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur ou d'un ensemble transformateur-redresseur monté sur le véhicule, U sera la tension la plus élevée susceptible d'être appliquée normalement au moteur par l'intermédiaire du transformateur et, s'il y a lieu, des bobines de transition, des inductances de lissage et des redresseurs, lorsque le primaire du transformateur est alimenté à la tension nominale du réseau de traction.

Néanmoins, dans certaines circonstances spéciales, après accord spécifié entre le constructeur et l'exploitant, il peut être fait usage d'une tension d'essai supérieure à celle donnée par la formule $2,25 U + 2\,000\text{ V}$.

Pour les moteurs destinés à des véhicules à accumulateurs, ou plus généralement, à des véhicules ayant leur propre source d'énergie, la tension d'essai est donnée par la formule $2 U + 1\,000\text{ V}$ (U étant la tension maximale de la batterie d'accumulateurs ou de la source d'énergie électrique du véhicule).

It shall be confirmed, if necessary by oscillograms, that during these tests the supply voltage at the terminals of the motor:

- is at least equal to 1.2 times its rated voltage at the moment when the switch is re-closed;
- is not less than 0.9 times this same rated voltage during the transient period which follows the closing of the switch.

The motor shall be able to withstand these tests under the same conditions as the commutation tests (see Clause 28, last paragraph).

In the case of motors with compound excitation in which the shunt or separate excitation predominates over the series excitation, special arrangements may be made after agreement between the manufacturer and the user.

Note 1: For the test at minimum field the motor shall be provided with the field weakening devices included in the equipment.

Note 2: If the motor forms part of an assembly which includes an automatic device which provides complete protection in the case of disconnection in a time less than 1 second, this time shall be used for the test.

SECTION VII

DIELECTRIC TESTS

31. Dielectric tests

This is a routine test.

The test voltage shall be applied between the windings and the frame. It shall be applied only to a new and completed machine, with all its parts in place, under conditions equivalent to normal working conditions.

The test shall be carried out in the manufacturer's works with the machine hot and after the over-speed test.

The test voltage shall be alternating and shall be as near as possible to sine-wave form, the frequency being between 25 and 100 Hz (c/s).

The test shall be commenced at a voltage of less than one-third the test voltage and shall be increased gradually to the full test voltage. The full test voltage shall be maintained for 60 seconds at a value equal to $2.25 U + 2\,000$ V, U being the nominal supply voltage of the traction network.

However, as regards a.c. or pulsating current motors, fed through a transformer or a transformer-rectifier set placed on the vehicle, U shall be the highest voltage which may be applied to the motor through the transformer and, as the case may be, transition coils, smoothing chokes and rectifiers, when the primary of the transformer is fed at the nominal supply voltage of the traction system.

In some special cases, however, subject to agreement between manufacturer and user, a test voltage higher than that given by the formula $2.25 U + 2\,000$ V may be used.

In the case of motors intended for battery operated vehicles, or more generally vehicles provided with their own source of energy, the test voltage is given by the formula $2 U + 1\,000$ V (U being the maximum voltage of the battery or the source of electrical energy of the vehicle).

SECTION VIII

RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES

32. Courbes caractéristiques à relever

Les spécifications du moteur doivent, en principe, comporter des courbes caractéristiques donnant, pour la tension nominale et pour les différentes conditions d'excitation prévues, la vitesse de rotation de l'induit, le rendement, la puissance et le couple utile sur l'arbre en fonction de l'intensité.

Ces courbes doivent être établies pour une température de référence des enroulements de 75°C s'ils sont munis d'isolants de la classe A ou E et de 110°C s'ils sont munis d'isolants des classes B, F ou H.

On relèvera à chaud au banc d'essai (c'est-à-dire immédiatement après un essai de durée) les points de fonctionnement (4 ou 5 pour chaque courbe) permettant de tracer:

- en ce qui concerne les moteurs types, toutes les courbes caractéristiques définies ci-dessus sous la tension nominale et pour les différents crans d'excitation prévus; ces relevés pourront être refaits sous une ou deux tensions réduites selon l'équipement du véhicule auquel ces moteurs sont destinés et seront alors limités aux crans à excitations maximale et minimale.
- en ce qui concerne les moteurs de série, la courbe de vitesse en fonction de l'intensité sous la tension nominale aux crans à excitations maximale et minimale.

Pour les moteurs à excitation indépendante ou composée, appelés à fonctionner en génératrices durant les périodes de freinage, les caractéristiques de vitesse, de rendement et de couple seront relevées lors des essais de type, les moteurs fonctionnant en génératrices dans le domaine d'utilisation prévu.

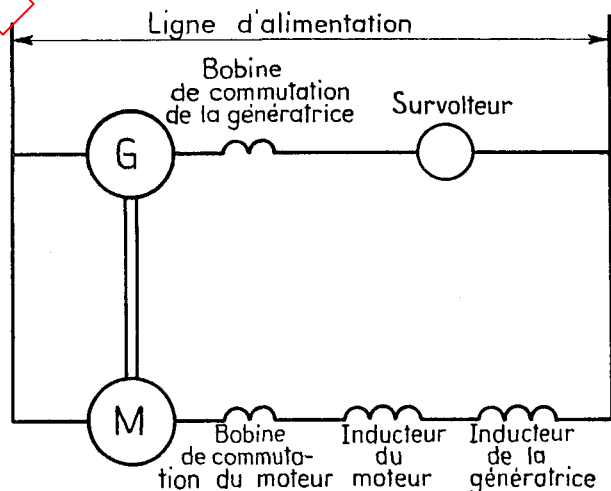
33. Méthodes recommandées pour le relevé des caractéristiques et la détermination du rendement

1) Moteurs à courant continu

a) Méthode Hutchinson:

On utilise pour les relevés, de préférence à toute autre, la méthode de récupération d'Hutchinson en accouplant directement deux moteurs d'un même type par leurs arbres d'induit. L'une des machines fonctionne en moteur, l'autre en génératrice, les pertes sont fournies par une ligne d'alimentation à tension convenable et par un survolteur intercalé dans le circuit des deux machines.

Le schéma classique est le suivant:



SECTION VIII

DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES

32. Characteristic curves

The specifications for the motor shall, as a general rule, include characteristic curves giving, for the rated voltage and the several conditions of excitation specified, the armature speed, the efficiency, the output and the torque at the armature shaft as a function of the current.

These curves shall be drawn up for a reference temperature of the windings of 75°C if they are insulated with Class A or E insulation and 110°C if Class B, F or H insulation is used.

Points are determined (4 or 5 for each curve) on the test-bed with the machine hot (i.e. immediately after a continuous run test), enabling the following curves to be drawn:

- for type tested motors, all the characteristic curves specified above for the rated voltage and for the different field notches specified; these points may be re-determined at one or more reduced voltages according to the equipment of the vehicle for which the motors are intended and, in this case, will be limited to the maximum and minimum field notches.
- for routine tested motors, the speed curve as a function of the current for the rated voltage at the maximum and minimum field notches.

In the case of motors with separate or compound excitation, which are to be used as generators during braking periods, the speed characteristics, the efficiency and the torque are determined during the type tests, the motors operating as generators in the range specified.

33. Methods recommended for the determination of characteristics and for calculating the efficiency

1) D.C. motors

a) Hutchinson method:

For these tests the regenerative method shall be used in preference to any other, by directly coupling two motors of the given type by their armature shafts. One of the machines shall work as a motor, the other as a generator, the losses being supplied by a supply line at a suitable voltage and by a booster inserted in the circuit of the two machines.

The standard diagram is the following:

